$\ddot{f}_k$ - линейное ускорение любой точки опоры.

Уравнения получены с учетом того факта, что упругая опора не вращается, а способна получать лишь линейные упругие деформации по осям x и y. Тогда в каждом поперечном сечении скорости и ускорения любых точек равны между собой, т.е. тело совершает поступательное движение относительно осей x и y.

Так как для крайних значений координат в таблице (т.е. для первого и последнего значений) скорости и ускорения не определяются, то их величину находим по методу Милна

$$\dot{f}_1 = (-f_3 + 4\cdot f_2 - 3\cdot f_1)/(2\cdot h), \qquad \dot{f}_n = (3\cdot f_n - 4\cdot f_{n-1} + f_{n-2})/(2\cdot h),$$

$$\ddot{f}_1 = (-\dot{f}_3 + 4\cdot \dot{f}_2 - 3\cdot \dot{f}_1)/(2\cdot h), \qquad \ddot{f}_n = (3\cdot \dot{f}_n - 4\cdot \dot{f}_{n-1} + \dot{f}_{n-2})/(2\cdot h).$$

УДК [681.5.017+539.215]

N- ЗВЕННАЯ МОДЕЛЬ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Е. Покатилов

Могилевский технологический институт, Беларусь

Для построения расчетных моделей анализа движений биомеханических систем с произвольным количеством звеньев, вращающихся относительно упругой опоры в виде стержня, рассмотрим кинематическую схему N-звенной модели. С помощью этой модели можно исследовать кинематику и динамику вращательных движений относительно упругой опоры. При этом процесс формирования уравнений выполняется с помощью ЭВМ для любой многозвенной системы.

Для определения координат центра масс звеньев системы, составим следующие уравнения

$$X_{ci} = f_x + S_i \cdot \cos\theta_i + \sum_{j=1}^{i-1} L_j \cdot \cos\theta_j,$$

$$Y_{ci} = f_y + S_i \cdot \sin\theta_i + \sum_{j=1}^{i-1} L_j \cdot \sin\theta_j,$$

где f_x и f_y - линейные перемещения упругой опоры по осям x и y. Опора моделируется двумя пружинами, параллельными осям координат. Перемещения определяются методами сопротивления материалов или из эксперимента;

i – номер звена модели; i= 1, 2. …. N;

N – количество звеньев модели;

X_{ci} – координаты центра масс i- звена по оси абсцисс;

Y_{ci} - координаты центра масс i- звена по оси ординат;

L_j – длина j-ого звена;

θ_j - угол, образованный j-ым звеном с осью Ox;

S_j – расстояние от оси вращения j-ого звена до его центра масс.

Положение центра масс звеньев модели вполне определено, если обобщенные координаты заданы в виде углов между кинематическими звеньями с осью абсцисс. Из уравнений связи получим следующие выражения, определяющие координаты кинематических пар биомеханической системы

$$X_{iк.п.} = f_x + \sum_{j=1}^{i} L_j \cdot \cos\theta_j ,$$

$$Y_{iк.п.} = f_y + \sum_{j=1}^{i} L_j \cdot \sin\theta_j .$$

УДК [681.5.017+539.215]

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ОПОРЫ СРЕДСТВАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

И.Д. Иванова, А.Е. Покатилов

Могилевский технологический институт, Беларусь

При определении упругой деформации опоры, представляющей собой стержень круглого сечения и имеющий большое число участков, часто используют метод начальных параметров. Но, разрабатывая расчетные модели для определения деформации в любом сечении опоры указанным методом с помощью вычислительной техники, приходится создавать программы на каждый конкретный случай нагружения и для каждого участка. Данная методика является очень трудоемкой. Кроме этого, нет никакой гарантии в отсутствии технической погрешности.

Рассмотрим опору в виде балки, к которой приложены динамически изменяющиеся силы F_1 и F_2. На опору также действует сила инерции $F_и$ самого стержня, приложенная в центре масс. Таким образом точка приложения силы инерции является постоянной, а сил F_1 и F_2 разной для каждого случая нагружения, т.е. центр масс стержня может оказаться между силами, а также слева или справа от них.

Запишем уравнение упругой линии, выраженное через начальные параметры, в виде

$$E \cdot I \cdot y = E \cdot I \cdot y_o + E \cdot I \cdot \vartheta_o \cdot z + \sum_{i=1}^{n} \frac{F_i \cdot (z_i - a_i)^3}{6} \cdot \delta$$

где E- модуль упругости;

I- момент инерции стержня;

y- прогиб стержня в заданном сечении;

y_o- прогиб стержня в начале координат (начальные условия);

ϑ_o - угол поворота поперечного сечения стержня в начале координат (начальные условия);

a_i – расстояния от начала координат до точек приложения сил;